

Технологии электромагнитной совместимости *Technologies of electromagnetic compatibility* 2016. № 3(58).

emc-journal.ru

ISSN 1729-2670

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА:

ООО «Издательский Дом «ТЕХНОЛОГИИ».

Зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Регистрационное свидетельство ПИ № 77-9669 от 24 августа 2001 года

Оформить подписку можно

по объединенному каталогу «Пресса России»:

10362 — полугодовой индекс;

в издательстве (предпочтительно) (8-985-134-4367).

Главный редактор журнала,**председатель редакционного совета****БАЛЮК НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, д.т.н. проф.****Зам. главного редактора журнала****КЕЧИЕВ ЛЕОНИД НИКОЛАЕВИЧ, д.т.н. проф.****ФАЙЗАХМАНОВ НИКОЛАЙ ИСХАКОВИЧ,****Редакционный совет:****АКБАШЕВ БЕСЛАН БОРИСОВИЧ, д.т.н.****ВОРИШЕВСКИЙ АЛЕКСАНДР АЛЕКСЕЕВИЧ, д.т.н. проф.****КИРИЛОВ ВЛАДИМИР ЮРЬЕВИЧ, д.т.н. проф.****КОСТРОМИНОВ АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ,****д.т.н. проф.****КРИВОВ АНАТОЛИЙ СЕРГЕЕВИЧ, д.т.н. проф.****МЫРОВА ЛЮДМИЛА ОПШЕРОВНА, д.т.н. проф.****НЕФЕДОВ ВИКТОР ИВАНОВИЧ, д.т.н. проф.****НИКИТИНА ВАЛЕНТИНА НИКОЛАЕВНА, д.мед.н. проф.****НИКИФОРОВ ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ, к.т.н.****ПОЖИДАЕВ ЕВГЕНИЙ ДМИТРИЕВИЧ, д.т.н. проф.****САРЫЛОВ ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ****САХАРОВ КОНСТАНТИН ЮРЬЕВИЧ, д.т.н. с.н.с.****СУХОРУКОВ СЕРГЕЙ АРСЕНЬЕВИЧ, к.т.н. доцент****ТУХАС ВЯЧЕСЛАВ АНАТОЛЬЕВИЧ, д.т.н. проф.****ФОМИНИЧ ЭДУАРД НИКОЛАЕВИЧ, д.т.н. проф.****ЧЕРМОШЕНЦЕВ СЕРГЕЙ ФЕДОРОВИЧ, д.т.н. проф.****ИЗДАТЕЛЬ ЖУРНАЛА:**

ООО «Издательский Дом «ТЕХНОЛОГИИ».

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА:

НОЧУ «Новая Инженерная Школа»

Главный редактор СТАСЬ Андрей Константинович**Исполнительный директор****Леонтьева Анна Анатольевна**

Адрес: 105005, Москва, Наб. академика Туполева, 15,

стр. 29, оф. 117.

ООО «Издательский Дом «ТЕХНОЛОГИИ»

Редакция: тел. +7-985-134-4367,

e-mail: leontanna@yandex.ru

Статьи рецензируются. Статьи опубликованы в авторской редакции. Мнение членов редакционного совета может не совпадать с точкой зрения авторов публикаций. Перепечатка материалов допускается только с письменного разрешения редакции. Рукописи не возвращаются.

Подписано к печати 1.09.2016.

Журнал включен в перечень ведущих журналов и изданий Высшей аттестационной комиссии (ВАК).

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ. Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals Directory». Журнал входит в РИНЦ.

Содержание

<i>Николаев П.А., Кечиев Л.Н., Балюк Н.В., Подгорний А.С.</i> Требования обеспечения устойчивости основных систем автотранспортных средств в условиях сложной электромагнитной обстановки	3
<i>Газизов Р.Р., Заболоцкий А.М., Газизов Г.Г.</i> Исследование максимума напряжения сверхкороткого импульса в микрополосковой меандровой линии при изменении ее геометрических параметров	11
<i>Егоров Д.Э., Довгун В.П.</i> Оптимизация компенсационных характеристик гибридных силовых фильтров	18
<i>Рябов Ю.Г., Ермаков К.В., Тюренков С.Н.</i> Заземлитель коронирующий для систем молниезащиты и энергетики	27
<i>Кирикасия С.А., Галалу В.Г.</i> Оценка уровня помех в измерительных кабелях	32
<i>Дмитриева Н.Ю., Крохалев Д.И.</i> Теоретическое исследование особенностей применения метода испытаний технических средств на помехоустойчивость с использованием реверберационных камер	38
<i>Маслаков П.А., Швецов А.В., Пилков А.В.</i> Модель функционирования канала связи с прямым расширением спектра в условиях воздействия непреднамеренных нестационарных помех	51
<i>Исправленные рисунки статьи «Защита космических аппаратов от воздействия электромагнитных полей» (2016, № 2, с. 29–32)</i>	56
<i>Библиотека «Электромагнитная совместимость»</i>	57

УДК 537.531

П.А. Николаев, Л.Н. Кечиев, Н.В. Балюк, А.С. Подгорный

Требования обеспечения устойчивости основных систем автотранспортных средств в условиях сложной электромагнитной обстановки

Автотранспортным средствам приходится работать в условиях сложной электромагнитной обстановки. Для эффективного функционирования в течение заданного времени автомобильного транспорта в основе его концепции должны быть заложены принципы обеспечения помехоустойчивости к электромагнитным полям. В работе рассматриваются общие принципы построения основных систем, наиболее оптимальные с позиций обеспечения требований по параметрам ЭМС и другим свойствам АТС.

Ключевые слова: автотранспортное средство, электромагнитное поле, воздействие, помехоустойчивость

Под устойчивостью понимается способность технических систем автотранспортных средств (АТС) сохранять заданное качество функционирования при воздействии на него электромагнитных помех с регламентированными значениями параметров.

У АТС, предназначенных для работы в условиях сложной электромагнитной обстановки (ЭМО), концепция обеспечения ЭМС электрооборудования исходит из принципа: чем проще управление – тем надежней.

Сложнее всего решаются проблемы функциональной безопасности АТС. АТС должно сочетать в себе компромиссные решения по эксплуатационным показателям, безопасности, комфорту, дизайну. Построение его электронной архитектуры осуществляется на базе сложной микропроцессорной техники, на которой реализуются сейчас почти все бортовые системы, что увеличивает количество вариантов отказов при электромагнитном воздействии.

Сама реакция АТС на электромагнитные поля может оказаться различной [1–3, 9]. Конечная реакция, как правило, выражается в изменении характера и траектории движения АТС.

В целом АТС должен сохранить свою работоспособность в условиях мощного электромагнитного воздействия в течение некоторого минимального заданного периода времени. Оно должно быть рассчитано из условия быстрого покидания зоны сложной ЭМО. Это значит, что основные системы АТС должны функционировать. Допускается отказ любого вида не основных систем.

К основным относятся системы, которые прямо или косвенно определяют характер и траекторию движения АТС. Нормальная работоспособность других систем, например, комбинации приборов, систем климат-контроля, безопасной парковки или мультимедийной системы при воздействии на них мощного электромагнитного поля принципиально не важна. При их сбое или отказе это конечно вызовет определенные проблемы эксплуатации АТС или снизит условия комфорта, но управление автотранспортным средством будет находиться под контролем. Подразумевается, что водители рассматриваемых АТС хорошо обучены и подготовлены. Их уровень профессионализма намного выше среднего. Поэтому в случае отказа не основных систем эксплуатация транспорта у водителя не должна вызвать существенных проблем.

К основным относятся системы: управления двигателем, трансмиссией, рулевым управлением, электроснабжения, тормозная, интеллектуальная, контроля состояния водителя, освещения и обеспечения обзорности. Под последним термином авторы рассматривают функции стеклоочистки и исключение запотевания стекол. Системы обеспечения обзорности и освещения не во всех случаях важны, но при определенных погодных условиях или времени суток их отказ может определить характер и траекторию движения АТС.

Накопленный опыт испытаний говорит о том, что во время электромагнитного воздействия могут проявляться нарушения различного характера – от незначительных параметрических отклонений, до физического выхода из строя элементов. Воздействие на АТС может осуществляться в широком

диапазоне амплитудно-временных параметров электромагнитного поля, которые заранее нельзя прогнозировать. Соответственно невозможно проверить при испытаниях помехоустойчивость АТС ко всему множеству вероятных электромагнитных воздействий и дать заключение о том, как конкретное электрооборудование будет функционировать. Поэтому в процессе разработки необходимо учитывать следующее правило: если на какой-либо бортовой системе наблюдалось нарушение работоспособности определенного характера, то подобное может проявиться на другой сходной по признакам системе. Например, если устройство реализовано на микропроцессоре, то есть вероятность, что оно «зависнет», т.к. такого рода проблемы присущи схемам с микропроцессорным управлением при электромагнитном воздействии.

Много резервных систем уже присутствуют в АТС. Однако они изначально применены в конструкции не исходя из требований повышения устойчивости по показателям ЭМС. Поэтому с высокой вероятностью они не смогут выполнить свои функции при мощном электромагнитном воздействии.

В статье рассматриваются общие принципы построения основных систем, наиболее оптимальные с позиций обеспечения требований по параметрам ЭМС и других свойств АТС.

Система управления двигателем из всех выше перечисленных является самой важной. Если она отказала, то водитель уже не сможет полностью контролировать АТС и покинуть зону мощного электромагнитного воздействия будет затруднительно.

В основе любого АТС заложен двигатель внутреннего сгорания (ДВС), работающий на углеводородном топливе. По сравнению с другими силовыми агрегатами у него много преимуществ. Кроме этого у АТС с ДВС не сложно обеспечить большой запас хода.

Постоянно включенная резервная система, в случае нарушения работоспособности основной, должна обеспечивать запас хода для выхода АТС из зоны электромагнитного воздействия. Под это требование подходит гибридный двигатель, где в качестве второго силового агрегата применяется электродвигатель. Современные технологии позволяют создать аккумуляторные батареи, емкости которых хватает, чтобы АТС проехал как минимум несколько десятков километров.

Каким образом должны быть интегрирована система управления гибридным силовым агрегатом в АТС, чтобы иметь максимальную надежность в условиях сложной ЭМО? Анализ будем вести из условия одинаковой реализации мероприятий по обеспечению помехозащищенности каждой подсистемы, отвечающей за управление конкретным двигателем. Поэтому в первом приближении можно считать, что их вероятности нарушения работоспособности при электромагнитном воздействии с заданными параметрами одинаковы. На практике это условие будет выполняться в случае, если блок и общие жгуты проводов двух подсистем находятся в зоне наиболее мощного локального электромагнитного воздействия.

Если подсистемы реализованы в виде отдельных блоков и пространственно разнесены в кузове, то они будут находиться в различающейся по амплитудным параметрам полей, потому что распределение электромагнитного поля во внутреннем пространстве АТС неравномерно [4]. В этом случае вариант реализации системы управления гибридным двигателем в виде отдельных блоков и разнесением их в пространстве кузова АТС менее восприимчив к электромагнитному воздействию. При сбое одной подсистемы, другая будет работать и АТС продолжит движение. Это подтверждают эксперименты по электромагнитному воздействию на АТС, установленном на динамометрическом роликовом стенде, которое двигалось со скоростью 50 км/ч [4]. При сбое ДВС дальнейшее движение осуществлял электродвигатель. В момент перехода на резервное управление изменения скорости не наблюдалось.

Другим достоинством пространственного разнесения является возможность самовосстановления подсистем. Если нарушена функциональная работоспособность одной, а другая работает, то АТС имеет возможность продолжать движение, маневрируя и ориентируясь к источнику воздействия неким случайным образом. Соответственно будет изменяться локальная ЭМО в зонах расположения блоков и их трасс жгутов. Если, вследствие совершения маневра, уровень электромагнитного поля в области расположения неработоспособной подсистемы управления снизится до значения меньше критического, то она, при условии реализации в ней алгоритмов автоматической перезагрузки, восстановит свои функции.

Не резервируемым в системе управления двигателем остается канал акселератора. Его конкретная реализация исходит из назначения автомобильного транспорта. Для повышения помехоустойчивости здесь достаточно обеспечить жесткую кинематическую связь педали акселератора с

дроссельной заслонкой, при помощи тросикового привода. Такой канал управления не восприимчив к электромагнитному воздействию. Но такой привод можно применить только для ДВС.

В гибридном двигателе применяется электронная педаль акселератора. Следует заметить, что сейчас в автомобильной промышленности подавляющее большинство АТС оснащаются такой педалью. С ее помощью достигаются высокие показатели управления двигателем и легко реализуется интеллектуальное управление.

Типовая конструкция электронной педали состоит из двух переменных резисторов. Это делается для диагностики ее работоспособности. Разностный сигнал с двух резисторов не должен превышать заданного порога. В противном случае система управления будет считать, что произошла неисправность педали газа и перейдет в режим «LIMP HOME», который характеризуется тем, что обороты двигателя нельзя увеличить больше чем 2000 мин^{-1} .

Принцип построения электронной педали акселератора делает ее уязвимой к электромагнитному воздействию. Кроме превышения разностного сигнала заданного порога, могут исказиться данные о положении педали таким образом, что система управления будет интерпретировать команду к увеличению или уменьшению скорости АТС (рис. 1).

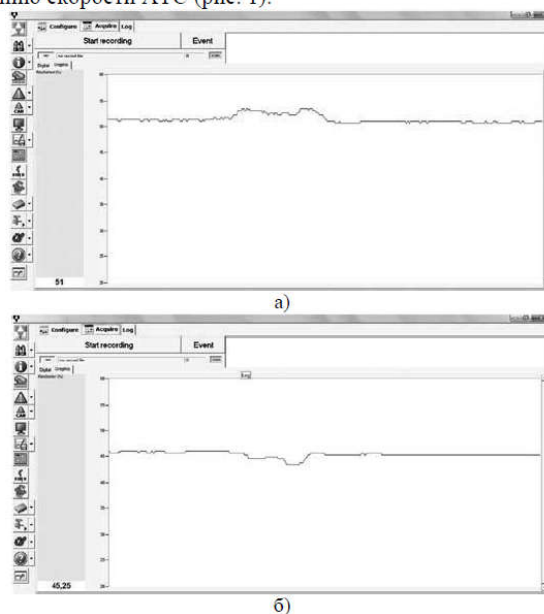


Рис. 1. Изменение положения электронной педали акселератора из-за электромагнитного воздействия, отслеживаемое по CAN-шине при помощи помехозащищенного оптоволоконного диагностического тестера: а) увеличение; б) уменьшение

Уязвимость электронной педали акселератора является серьезной проблемой. С одной стороны АТС может двигаться, даже при переходе в режим «LIMP HOME», но эффективно маневрировать и быстро уходить из зоны воздействия поля оно не сможет. Требования помехоустойчивости по электрическому полю для электронной системы управления двигателем составляет $60\text{--}100 \text{ В/м}$ [4].

Систем управления трансмиссией. В настоящее время электронные системы широко используются в АТС. Конкретная реализация включает в себя автоматическую или роботизированную коробку передач. Их внедрение позволяет повысить условия комфорта при вождении за счет исключения постоянного ручного выбора передачи. На их базе несложно реализовать интеллектуальную систему управления АТС и функцию круиз-контроля.

Производители систем управления трансмиссией предъявляют к ним высокие требования надежности, в том числе и по параметрам ЭМС. В стендовых условиях отдельный блок тестируется на восприимчивость к уровням поля 200 В/м . Технические системы АТС ведущие производители часто

испытывают при уровнях 100 В/м, обеспечивая высокую помехоустойчивость для гражданских АТС массового применения.

В сложной ЭМО уровень поля во внутреннем пространстве кузова, по сравнению с внешним, может возрасти от 4 до 7 раз [4]. Поэтому в течение времени преднамеренного воздействия на систему управления трансмиссией могут действовать электромагнитные помехи с уровнями, превышающими порог ее помехоустойчивости.

Эксперименты показывают, что работоспособность системы управления трансмиссией при воздействии электромагнитных помех может нарушиться. Во время испытаний наблюдались самопроизвольное переключение на другую передачу и сбоя цепи датчика положения привода выбора передач (рис. 2). В первом случае при переключении на низшую передачу АТС будет замедлять скорость, а при переключении на нейтральную передачу – остановится. Во втором случае переключение передач будет невозможно, из-за перехода системы в аварийный режим. В этом режиме останется включена та передача, которая была включена до момента нарушения работоспособности. Принципиально АТС будет иметь возможность двигаться, но заметно ухудшаются его динамические характеристики.

Для исключения нарушений работоспособности системы управления трансмиссией АТС необходимо применение абсолютно надежной системы. Здесь данный термин применен исключительно в рамках вопросов ЭМС. Известно, что надежная система в течении времени выполнения задания должна иметь вероятность безотказной работы не менее 0,997. Этому условию удовлетворяет механическая трансмиссия.

В данном случае, когда речь идет о безопасности, некоторые условия комфорта для профессионально подготовленного водителя можно не вводить. При этом круиз-контроль, а также интеллектуальную систему управления АТС, при условии применения электронной педали газа и электромеханической дроссельной заслонки, можно реализовать в расширенных функциях и на механической трансмиссии.

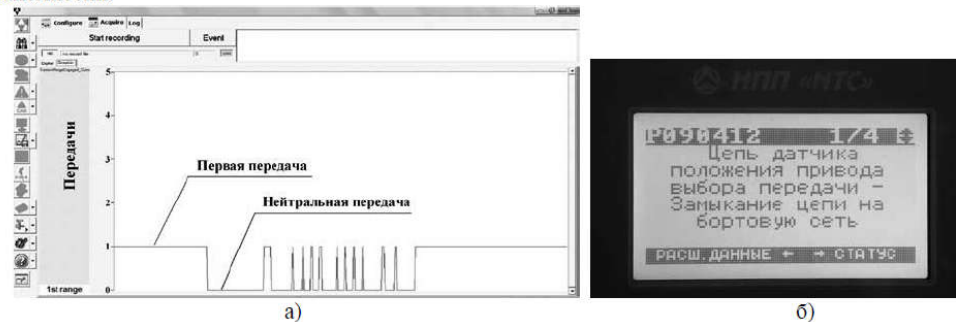


Рис. 2. Нарушение работоспособности роботизированной коробки передач: а) самопроизвольное переключение на нейтральную передачу; б) диагностика кода ошибки «сбой цепи датчика положения привода выбора передач»

Система электроснабжения в АТС является достаточно надежной. Параллельно генератору напряжения включен постоянный резерв в виде аккумуляторной батареи (АКБ). В случае прекращения при электромагнитном воздействии выработки генератором электроэнергии АКБ полностью берет на себя функцию электроснабжения [4]. При степени заряженности более 70% АТС ночью будет работать более часа, а при рациональном энергопотреблении – более двух часов. Если напряжение с генератора под воздействием электромагнитного поля повышается, то в этом случае должно быть защищено электрооборудование. Сейчас к АТС предъявляются требования нормальной работоспособности при удвоенном напряжении бортовой сети в течение пяти минут. За это время АТС, движущееся со скоростью 60 км/ч, пройдет расстояние 6 км. Это является достаточным, чтобы уйти из зоны воздействия источника электромагнитного излучения.

Для исключения отказов электрооборудования АТС, находящегося более 5 мин. в условиях сложной ЭМО, применяются алгоритмические методы защиты. В международной практике приняты требования устойчивости до 30 В/м. Требования помехоустойчивости для системы электроснабжения 60–100 В/м более жесткие и дополнительно являются показателем высокого качества.

Время 5 мин. можно взять за базовое требование и распространить его на общие требования к времени функционирования основных систем АТС в зоне сложной ЭМО.

Рулевое управление. Современные АТС в подавляющем большинстве оборудованы усилителями рулевого управления, обеспечивающими комфортное управление. Среди них выделяют три основных типа: электромеханические, электрогидро и гидроусилители. С позиции ЭМС первые являются менее надежными, их работу определяет электронная система управления. Как было показано в [4], нарушение работоспособности электромеханического усилителя при воздействии ЭМП сводится к: ухудшению управляемости; самопроизвольному вращению рулевого колеса при движении автомобиля по прямолинейному пути и сложности осуществления требуемого маневра. Наиболее критичными являются два последних случая. К рулевому валу дополнительно прикладывается некоторая паразитная величина компенсирующего момента, действующая в зависимости от совокупности факторов в одном из двух направлений. Вследствие этого АТС либо самопроизвольно может повернуть в сторону, либо невозможно будет совершить маневр поворота из-за равнозначного создаваемого системой управления противоположного компенсирующего момента. Первый случай менее критичен, поскольку отключенная электроника не блокирует управление водителем в целом и контроль над транспортным средством остается.

Более надежен электрогидроусилитель. Электромагнитное воздействие может нарушить работу только гидронасоса, т.к. это единственный элемент, управляемый электроникой. Нарушение работоспособности может выразиться только в отключении гидронасоса. В этом случае водитель почувствует ухудшение управляемости, вследствие отсутствия компенсирующего момента. Однако он сможет осуществлять маневрирование. Водитель будет прикладывать к рулевому колесу немного большее усилие.

С позиции ЭМС надежной системой является гидроусилитель рулевого управления. Из-за отсутствия электроники электромагнитное поле никак не влияет на управление. Требования помехоустойчивости для рулевого управления менее 100 В/м [4].

Системы интеллектуальная и контроля состояния водителя определяют безопасность АТС. Пока их применяют только в автомобильном транспорте классов премиум и люкс.

Интеллектуальная система помогает при движении, маневрировании и обгоне, основываясь на анализе текущей дорожной обстановки. Система контроля состояния водителя нужна, чтобы обнаружить состояние его усталости. Конкретные принципы их реализации для обеспечения функционирования АТС под воздействием электромагнитного поля зависят от того, какие функции закладываются в каждую систему.

Если эти системы участвуют в автоматическом управлении АТС, то существует вероятность, что электромагнитное воздействие может привести к выдаче ими ложной информации, на основании которой АТС совершит неожиданное действие. Для повышения надежности архитектура электрооборудования АТС не должна строиться на едином схемотехническом объединении интеллектуальной системы и контроля состояния водителя с контроллером системы управления двигателем. Необходимо выполнять эти две системы в виде отдельных блоков. При такой реализации их не сложно отключить программно или принудительно, если алгоритм программного выключения даст сбой.

Если эти две системы не участвуют в автоматическом управлении АТС, а являются только информативными для водителя, то их схемотехническое исполнение можно реализовать, как в виде отдельных блоков, так и в едином целом с контроллером системы управления двигателем. В этом случае, даже если алгоритм программного выключения при нарушении работоспособности систем даст сбой, то опытный водитель, на время ухода из зоны сложной ЭМО проигнорирует выдаваемую акустическую или оптическую ложную информацию от этих систем.

Требования помехоустойчивости для систем контроля состояния водителя 40–100 В/м [4].

Тормозная система, построенная по классической гидравлической схеме с позиции ЭМС достаточно надежна. Единственным уязвимым к электромагнитному воздействию узлом является антиблокировочная система (ABS). Последние версии ABS имеют развитую диагностику. Аварийные алгоритмы работы ABS реализованы таким образом, что при возникновении ошибки отключается управление, и торможение АТС происходит без нее. Тем не менее, обобщение опыта испытаний показывает, что из-за сбоя ABS у АТС может измениться характер и траектория движения.

Процесс торможения будет невозможен только в случае прекращения создания давления рабочим телом на тормозные механизмы колес. Такое событие может произойти при перекрытии трубопровода или перенаправлении тормозной жидкости в отводную магистраль. Это возможно при нару-

шении функции управления электромагнитными клапанами ABS. Из практики известны случаи, когда система управления из-за сбоя или отказа, вызванного электромагнитным воздействием, изменяла текущее нормальное положение электромагнитных клапанов на противоположное.

При нарушении работоспособности основной тормозной системы ее должна заместить резервная. Одна ее независимая часть в любых АТС всегда присутствует и реализована в виде стояночного ручного тормоза. Однако он может гарантированно остановить АТС только при малых скоростях.

Снижение скорости на высоких скоростях осуществляется торможением двигателем за счет перехода на пониженную передачу. Алгоритмы работы автоматических коробок реализуют данную функцию, но при электромагнитном воздействии их электроника может дать сбой. Поэтому применение механических коробок передач в АТС, предназначенных для работы в сложной ЭМО как элементов резервной тормозной системы, даже в ущерб функции комфорта, является полезным. При отказе основной тормозной системы опытный водитель быстро перейдет на нужную пониженную передачу, тем самым снизит скорость до значения, где можно будет эффективно воспользоваться ручным стояночным тормозом.

Другой способ снижения скорости АТС реализует в себе функцию принудительного уменьшения момента двигателя по информационному признаку торможения. В современных АТС это делается по фрейму, приходящему с ABS на контроллер системы управления двигателем. Для увеличения надежности необходимо повысить избыточность информации. В период времени электромагнитного воздействия признак торможения должен дублироваться сигналами от датчиков педали и ручного стояночного тормоза. Контроллер системы управления двигателем снижает момент, управляя положением электромеханической дроссельной заслонкой или углом опережения зажигания.

Дополнительно повысить эффективность торможения АТС на высоких скоростях можно применением аэродинамического тормоза, реализованного в виде управляемого спойлера. Требования помехоустойчивости для тормозной системы менее 100 В/м [4].

Нормальная работоспособность светотехнических систем важна на освещенных участках в темное время суток. Опытный водитель даже при отказе всех световых приборов с высокой вероятностью ориентируется в сумраке или в городе с ночной подсветкой улиц. Ему для совершения маневров нужна хоть какая-то подсветка дорожного полотна. Однако в темноте осуществлять движение без освещения крайне затруднительно.

В современных конструкция АТС имеется как минимум четыре типа независимых осветительных светотехнических приборов: ходовые огни, фары ближнего и дальнего света и противотуманные фары. Однако последние три по законодательным требованиям могут работать только после включения передних габаритных огней. Специальное допущение вводится только для дальнего света. Он может кратковременно включаться как сигнальный при неработающих передних габаритных огнях.

В АТС классов люкс и премиум система светотехники реализована на микропроцессорном управлении. Это сделано для повышения комфорта, а также безопасности, и при нормальной ЭМО исключается вероятность забывания включения дневных ходовых огней и ближнего света. Дневные ходовые огни начинают работать сразу после включения зажигания. Ближний свет, управляемый по цепи обратной связи датчика освещенности, включается автоматически при наступлении сумерек.

Под электромагнитным воздействием работоспособность микропроцессорной системы может нарушиться. Поэтому на АТС необходимо вводить резервный канал включения светотехнических приборов. С позиции ЭМС для обеспечения высокой надежности он должен быть выполнен по релейной схеме.

Какие каналы должны дублироваться? Прежде всего, которые включают мощные источники света: ближние и дальние фары. В этом случае при отказе микропроцессорной системы, можно будет гарантированно включить освещение и осуществлять маневрирование.

Одним из вероятных вариантов нарушения работоспособности микропроцессорной системы управления при электромагнитном воздействии может быть самопроизвольное включение дальнего света. В тумане или сильном дожде, этом случае маневрирование АТС будет сильно затруднено из-за плохой видимости, вызванной рассеянием света на влажном воздухе. Отсюда следует, что в АТС, предназначенных для работы в сложной ЭМО, канал включения дальнего света нельзя реализовывать через микропроцессорную систему управления.

Какой должен быть источник света? Газоразрядные лампы в своей основе имеют электронный преобразователь, работоспособность которого под воздействием мощного электромагнитного излучения может нарушиться. Лампы накаливания достаточно надежны. Они способны работать длительно.

тельное время в условиях сложной ЭМО. Единственным их недостатком является сильное снижение ресурса при повышенном напряжении бортовой сети. Лампы накаливания способны выдержать более 5 минут напряжение только в полтора раза превышающее номинальное. При более высоких значениях они быстро перегорают.

Более высокой надежностью обладают фары на светодиодах. Они обеспечивают работу в течение пяти минут при напряжении питания в два раза превышающее номинальное. Даже если выйдет из строя несколько элементов, фара при уменьшении ее светового потока будет продолжать светить.

Технологии изготовления таких источников света на светодиодах для АТС уже отработаны и применяются в серийном производстве.

Резервирование с замещением можно осуществить, применив систему ночного видения. С одной стороны, она, реализованная на микропроцессорной системе, менее помехоустойчива, чем релейная схема управления светом фар. Однако, если произойдет сбой генератора, приводящий к повышению напряжения бортовой сети и перегоранию источников света, то система ночного видения может оказаться единственной позволяющей ориентироваться в темное время суток. Требования помехоустойчивости для светотехнических систем 40–100 В/м [4].

Система обеспечения обзорности должна создавать приемлемую видимость внешней обстановки при атмосферных осадках и повышенной влажности в салоне. В АТС премиум-класса, как правило, реализована на микропроцессорном управлении и для повышения комфорта вводятся параллельные ручным каналам автоматического управления по цепям обратных связей интенсивности осадков и температуры салона.

Физически система обеспечения обзорности разделена на два устройства, каждое из которых выполняет свою функцию. Центральный блок кузовной электроники (отечественное обозначение) или Body Control Module (зарубежное обозначение) отвечает за стеклоочистку. Контроллер системы автоматического управления климатической установкой – за климат в салоне.

Самыми критичными случаями являются самопроизвольное прекращение стеклоочистки во время обильных атмосферных осадков и вентиляции салона при высокой влажности. Это может быть следствием ряда причин. Наиболее типичные из них: функциональный сбой, вызванный распространением помех по какому-нибудь информационному каналу или нарушение работоспособности всей системы управления из-за «зависания» микропроцессора или отказа электронной схемы.

Другие ситуации, не приводящие к полному прекращению выполнения функций системы, не являются критическими, обзорность сохраняется. Такими примерами являются: самопроизвольное начало работы системы, изменение скорости стеклоочистки, потока, направления и температуры воздуха.

Для повышения надежности системы обеспечения обзорности необходимо применять раздельное резервирование с замещением. Это достигается введением релейного управления на самой большой скорости работы каждой функции системы, в обход микропроцессорному управлению.

Дополнительным резервом для предотвращения запотевания лобового стекла здесь является система обогрева ветрового стекла. Во многих реализациях она выполняется в едином корпусном исполнении с системой автоматического управления климатической установкой, но для АТС, предназначенных для работы в сложной ЭМО, необходимо раздельное их исполнение.

Построение основных систем по рассмотренным общим принципам позволяет повысить помехоустойчивость электрооборудования. В совокупности с другими мероприятиями достигается высокая живучесть АТС, что гарантирует их работоспособность в условиях сложной ЭМО. Требования помехоустойчивости для систем обзорности 40–100 В/м [4].

Таким образом, для решения проблемы ЭМС и нормального функционирования автомобильного транспорта существуют международные нормы по электрическому полю 30 В/м в диапазоне частот от 20 МГц до 2 ГГц. Ведущие мировые автопроизводители в своих внутренних стандартах закладывают требование по устойчивости 100 В/м.

Общие испытательные уровни по оценке устойчивости технических средств к излучению для жесткой ЭМО, приведены в нормативных документах, могут быть взяты за исходные [5]. Известны мобильные источники импульсного излучения, способные создавать на расстоянии нескольких сотен метров электромагнитное поле напряженностью 1–30 кВ/м [6]. Данные цифры также можно взять за базовые при исследовании устойчивости и стойкости АТС. Решение проблемы доработки по параметрам ЭМС электрооборудования в составе АТС при воздействии внешнего электромагнитного по-

ля и оценка стойкости АТС при воздействии мощного электромагнитного импульса требует дополнительных теоретических и экспериментальных исследований [7–8].

Список литературы

1. Николаев П.А. Устойчивость автомобилей к электромагнитному воздействию [Текст] / П.А. Николаев. – Технологии электромагнитной совместимости. – 2014. – № 4(51). – С. 72–76.
2. Николаев П.А. Испытания электромеханического усилителя рулевого управления автомобиля к электромагнитному воздействию [Текст] / П.А. Николаев, А.В. Куклина – Технологии электромагнитной совместимости. – 2015. – № 2(53). – С. 38–41.
3. Подгорный А.С., Николаев П.А. Проблемы испытаний автотранспортных средств на восприимчивость к электромагнитному воздействию. Труды 3 Всероссийской научно-технической конференции ТехноЭМС 2016. Москва. – С.136–139.
4. Николаев П.А. Электромагнитная совместимость автотранспортных средств [Текст] / Николаев П.А., Кечиев Л.Н. / Под ред. Л.Н. Кечиева. – М.: Грифон, 2015. – 424 с. – (Библиотека ЭМС).
5. ГОСТ Р 52863-2007. Автоматизированные системы в защищенном исполнении. Испытания на устойчивость к преднамеренным силовым электромагнитным воздействиям.
6. И.Н. Белокоп, А.Н. Гончаров, С.Н. Долбня, А.С. Кудряшов, А.В. Фотеев. Оценка защищенности информационных инфраструктур от воздействия сверхкороткоимпульсных электромагнитных излучений техногенного происхождения. – Технологии электромагнитной совместимости. – №1(32). – 2010. – С. 58–65.
7. Балюк Н.В., Кечиев Л.Н., Степанов П.В. Мощный электромагнитный импульс: воздействия на электронные средства и методы защиты. – М.: Издательский Дом «Технологии», 2007. – 478 с.
8. Комягин С.И. Электромагнитная стойкость беспилотных летательных аппаратов. – М.: URSS, 2015. – 422 с.
9. Николаев П.А. Автотранспортное средство в условиях воздействия гармонических электромагнитных полей [Текст] / Николаев П.А., Подгорный А.С., Кечиев Л.Н., Балюк Н.В. – Технологии электромагнитной совместимости. – 2016. – № 2(57). – С. 3–15.

ОАО «АВТОВАЗ»,
МИЭМ НИУ «Высшая школа экономики»,
Федеральное государственное казённое учреждение «12 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации (ФГКУ «12 ЦНИИ» Минобороны России)
Статья поступила 20.06.2016.

Nikolaev P.A., Kechiev L.N., Baljuk N.V., Podgorny A.S.

Requirements to immunity of main vehicle systems in a complex electromagnetic environment

Motor vehicles have to operate in a complex electromagnetic environment. For effective functioning for a predetermined time in the vehicles concept must be laid the principles of immunity to electromagnetic fields. In this paper discussed the general principles of the main systems, optimal from the viewpoint of EMC requirements for parameters and other vehicles features.

Key words: vehicle, electromagnetic field, exposure, noise immunity

AVTOVAZ

*Moscow Institute of electronics and mathematics of the National research University «Higher school of Economics (MIEM HSE).
Federal State Establishment «12th Central Research Institute» of the Russian Defense Ministry*